نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۱، ص. ۱۰۷۱-۱۰۶۴

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.5, Nov.-Dec. 2012, p. 1064-1074

ارزیابی مرفولوژی ریشهٔ ذرت تحت کودآبیاری با روش‌های قطره‌ای سطحی و زیرسطحی

صمد اسفندیاری[1*]- حسین دهقانی سانیج[2]- امین علیزاده[3]- کامران داوری[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱/۱۷
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۷/۲

چکیده

مطالب زیادی در ارتباط با عملکرد بیولوژیک و اقتصادی ذرت دانه‌ای به رشتهٔ تحریر در آمده است، اما اطلاعات در مورد عوامل موثر بر رشد و مرفولوژی ریشه بسیار اندک است. لذا به منظور مطالعهٔ اثر روش‌های آبیاری قطره‌ای (سطحی و زیرسطحی) و کود نیتروژن بر توسعهٔ ریشهٔ ذرت و بررسی مدل‌های حرکت عمقی ریشه، آزمایشی در قالب اسپلیت پلات بر پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با تیمار اصلی روش آبیاری در دو سطح (قطره‌ای سطحی و زیرسطحی) و تیمار فرعی میزان کود نیتروژن در دو سطح (۵۰ و ۱۰۰٪ نیاز کودی گیاه) با سه تکرار در مزرعهٔ تحقیقاتی موسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج بر روی گیاه ذرت رقم دابل کراس ۳۷۰ انجام شد. پایش عمق ریشه با روش حفر ترانشه و مشاهدهٔ نیم‌رخ خاک انجام شد. نمونه‌گیری در طول دوره رشد در هشت نوبت، با فواصل ۱۰ روزه و اندازه‌گیری وزن ریشه در لایه‌های خاک نیز از روش برداشت مونولیت‌های خاک وشستشو در صافی‌های پلاستیکی با فشار آب انجام گرفت. نتایج نشان داد عمق توسعهٔ ریشه در روش آبیاری سطحی تا مرحلهٔ ۲۰ روزگی گیاه ذرت به طور معنی‌داری بیشتر از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی است، بعد از مرحلهٔ ۳۰ تا ۸۰ روزگی تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ ٪ با هم نشان ندادند. اثر کود آبیاری نیتروژن در هیچ مرحله‌ای از دورهٔ رشد روی عمق توسعهٔ ریشه در سطح ۵ ٪ معنی‌دار نبود. اثر متقابل آنها (روش آبیاری در سطح کود) بر عمق توسعهٔ ریشه در مراحل مختلف رشد در سطح ۵ ٪ معنی‌دار نبود. اثر تیمارهای مختلف روی عرض توسعهٔ ریشهٔ گیاه ذرت در کلیهٔ مراحل رشد معنی‌دار نبودند. بیشترین درصد تجمع ریشه در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در لایهٔ ۲۰ تا ۴۰ سانتیمتری خاک اتفاق افتاد، در حالی که در روش سطحی در لایهٔ ۰ تا ۲۰ سانتیمتری خاک بود، همچنین ریشه‌ها در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی به طور یکنواختر در داخل خاک توزیع شده بودند. کمترین تراکم ریشه در هر دو روش مربوط به لایهٔ ۴۰ تا ۶۰ سانتیمتری خاک بود. بیشترین دقت تخمین حرکت عمق ریشه در مدلها به ترتیب مربوط به مدل خطی، بورگ و گریمز و کراپ وات بود.

واژه‌های کلیدی: مدل توسعهٔ ریشه، قطره‌ای سطحی، قطره‌ای زیرسطحی، کودآبیاری، ذرت

مقدمه

ذرت (*Zea mays*) گیاهی یکساله، دارای سیستم ریشه‌ای افشان که در بیشتر نقاط دنیا به ویژه مناطق گرم و معتدل قابل کشت و بهره‌برداری است. رشد و توسعهٔ ریشهٔ گیاهان و مرفولوژی آن در جذب آب و دیگر عناصر غذایی بسیار موثر است. روش‌های آبیاری و مقادیر مختلف کود نیتروژن بر رشد و توسعهٔ عمق و عرض ریشه و در نهایت بر جذب آب و عناصر غذایی گیاه و عملکرد آن تاثیر دارند (۳ و ۱۰). علیزاده (۴) معتقد است که در بررسی روابط آب و خاک و گیاه باید به سیستم ریشه‌ای گیاهان و نقش آن در جذب آب و نمو گیاه توجه گردد. عوامل مختلفی نظیر ژنوتیپ، رطوبت، دما، مواد سمی، روش خاک‌ورزی و روش آبیاری تاثیرات گوناگونی بر رشد و نمو ریشهٔ ذرت دارند. پلرین و تاردیو (۱۸) با ارائهٔ یک مدل مفهومی برای سیستم ریشهٔ ذرت گزارش کردند به علت تغییرات فراوان در پارامترهای موثر بر رشد ریشه، پیشگویی روند دقیق توسعهٔ ریشه بسیار مشکل است. نیکل و همکاران (۱۶) و لانگلی (۱۳) معتقدند ساخت یک مدل کامل برای رشد ریشه به دلیل وجود عوامل متغیر و تاثیرات متقابل این عوامل بر یکدیگر بسیار پیچیده و پرزحمت است. تحقیقات راسل (۲۰) نشان داد که تحت شرایط مزرعه‌ای، تغییر در مقدار آب خاک عمده‌ترین دلیل توزیع متفاوت ریشه‌هاست. لابوسکی و همکاران (۱۲) بیان کردند وقتی توزیع ریشه‌ها توسط عوامل دیگر محدود نشود، مقدار رطوبت خاک عمق ریشه‌دوانی را کنترل می‌کند. ضیائیان و ملکوتی (۳) نیز بیان کردند که زمان، روش و مقدار آب آبیاری کاربردی روی چگونگی رشد و توزیع ریشه موثر است. عده‌ای

۱، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، استاد و دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: (Email: esfandiari_samad@yahoo.com
۲- استادیار پژوهشی موسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج

Archive of SID
www.SID.ir

از محققان معتقدند که تحت شرایط خشکی، ریشه‌ها معمولا به قسمت‌های مرطوب‌تر پروفیل خاک رشد کرده و توده‌های بزرگ‌تری از شاخه‌های منشعب ایجاد می‌کنند. در حالی که عده‌ای دیگر مخالف نظریه هیدروتروپیسم هستند (۱۱). الیس و بارنز (۷) گزارش نمودند اگر خاک به مدت طولانی مرطوب باشد رشد طولی ریشه کندتر می‌شود و هرچه خاک خشک‌تر باشد وزن ریشه نیز کمتر می‌شود، بنابراین دور آبیاری کوتاه باعث می‌شود که فقط خاک منطقهٔ تغذیهٔ آب مرطوب شده و رشد ریشهٔ گیاه نیز محدود به آن منطقهٔ شود. هاکت (۹) با مطالعهٔ پنج گیاه زراعی از جمله ذرت گزارش کرد که وزن و توزیع ریشهٔ ذرت در خاک بستگی به رقم ذرت و خواص خاک دارد، اما معمولا وزن ریشه با افزایش عمق و فاصله گرفتن از ردیف کشت کاهش می‌یابد. رمو و دیاز (۱۹) در آزمایشی با هدف مقایسه روش‌های آبیاری قطره‌ای و غرقابی بر توسعهٔ ریشهٔ درختان دریافتند در آبیاری قطره‌ای، ریشه‌ها در سطح تجمع بیشتری دارند و در اعماق خاک تراکم آنها کاهش می‌یابد. مادسن (۱۴) با مطالعهٔ چگونگی توسعهٔ ریشهٔ گیاه جو در شرایط مختلف اقلیمی، اعلام کرد تراکم ریشه‌ها با افزایش عمق خاک به صورت لگاریتمی کاهش می‌یابد. باری و میلر (۶) گزارش نمودند محدودیت‌هایی که باعث کاهش عمق ریشهٔ گیاه می‌شوند، رشد اندام‌های هوایی را به طور چشمگیری کاهش نمی‌دهند. هرناندز و همکاران (۱۰) تجمع ریشهٔ گیاه ذرت در لایه‌های مختلف خاک را در روش‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی تا عمق ۷۰ سانتیمتری بررسی و اعلام کردند وزن خشک ریشهٔ گیاه در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سطحی به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد، همچنین بیشترین تجمع ریشهٔ گیاه ذرت در روش‌های آبیاری سطحی و زیرسطحی به ترتیب در لایه‌های ۱۰-۰ و ۳۰-۲۰ سانتیمتری خاک توسط آنها گزارش شد. ابراهیم‌زاده و حسن‌لی (۱) دریافتند که بیشترین و کمترین عمق توسعهٔ ریشهٔ گیاه ذرت به ترتیب مربوط به آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و جویچه‌ای است، اما عمق نهایی ریشه به طور معنی‌داری تحت تاثیر روش‌های آبیاری (قطره‌ای زیرسطحی، قطره‌ای سطحی و جویچه‌ای) قرار نگرفت. باربر (۵) گزارش نمود که کوددهی باعث افزایش فتوسنتز در گیاه و رشد و نمو اندامهای هوایی و عملکرد گیاه گردید ولی ممکن است بر رشد ریشه تاثیر معنی‌داری نداشته باشد و یا حتی موجب کاهش رشد ریشه نیز گردد. شیرانی و همکاران (۲) طی تحقیقی گزارش نمودند که مصرف مقادیر مختلف کود دامی تاثیر معنی‌داری بر مرفولوژی ریشه نداشت، اما عملکرد بیولوژیک گیاه ذرت را افزایش داد. پاندا و همکاران (۱۷) اعلام نمودند که عمق مؤثر ریشه گیاه ذرت در ۳۰ تا ۴۰ روزگی ۴۵ سانتیمتر، در ۴۰ تا ۵۵ روزگی ۶۰ سانتیمتر و از آن پس تا بلوغ کامل ۹۰ سانتیمتر می‌گردد. فولت و همکاران (۸) در بررسی وضعیت رشد ریشهٔ گیاه ذرت، در شرایط بالا بودن سطح آب زیرزمینی (۱/۳ تا ۲/۶ متر)، عمق نهایی ریشهٔ گیاه ذرت را در شرایط آزمایش، ۹۱ سانتیمتر و در خاک شنی بیش از ۱۰۰ سانتیمتر گزارش کردند. هدف از این مطالعه، بررسی تاثیر سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و کودآبیاری نیتروژن بر رشد و توسعهٔ ریشهٔ ذرت در شرایط مزرعه بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزرعهٔ تحقیقاتی موسسهٔ تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی واقع در کرج (۳۵ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی) انجام شد. برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک و آب آبیاری به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آمده است.

گیاه ذرت (رقم دابل‌کراس ۳۷۰) با فواصل ۲۰ در ۷۵ سانتیمتر به‌ترتیب در روی و بین ردیف‌ها و با عمق ۳ تا ۵ سانتیمتر در تاریخ ۲۰ تیر ۱۳۸۹ کاشته شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۱۵ در ۲۰ متر بود و آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی که عامل اصلی در دو سطح (آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی) و عامل فرعی در دو سطح (تامین ۵۰ و ۱۰۰ ٪ نیاز کودی گیاه) در سه تکرار انجام شد.

جدول۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (cm)	جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3)	رطوبت وزنی در حد ظرفیت زراعی (%)	رطوبت وزنی در حد پژمردگی دائم (%)	هدایت الکتریکی (dS/m)	pH	بافت خاک
۰-۲۰	۱/۴۲	۲۲/۵	۹/۸	۱/۴۳	۷/۶۲	لوم
۲۰-۴۰	۱/۴۲	۲۲/۴	۹/۶	۱/۷۱	۷/۷۹	لوم
۴۰-۶۰	۱/۴۲	۲۲/۴	۹/۵	۱/۸۱	۷/۵۹	لوم
۶۰-۸۰	۱/۴۲	۲۲/۱	۹/۴	۲/۷۶	۷/۵۴	لوم

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲- مشخصات شیمیایی آب آبیاری محل آزمایش

منبع آب	هدایت الکتریکی (dS/m)	pH	سدیم	منیزیم	کلسیم (meq/lit)	سولفات	بی کربنات
چاه	۰/۸	۷/۸	۳	۲/۴	۲/۴	۱/۸	۲/۴

برای آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی از لوله‌های ۱۶ میلیمتری مجهز به قطره چکان در داخل لوله با فاصلهٔ ۳۰ سانتیمتر از هم، استفاده شد. لوله‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی توسط نیروی کارگری در عمق ۳۰ سانتیمتر از سطح خاک در زیر ردیف کشت کار گذاشته شدند. کود نیتروژن به روش کودآبیاری و به صورت تقسیطی با سامانهٔ آبیاری قطره‌ای در اختیار گیاه ذرت قرار گرفت. برنامه آبیاری ۲ بار در هفته در روزهای یکشنبه و چهارشنبه انجام شد. مقدار آب آبیاری بر اساس اطلاعات هواشناسی ثبت شده توسط ایستگاه هواشناسی خودکار نصب شده در سطح مزرعه به کمک نرم‌افزار Ref-ET محاسبه و در اختیار گیاه قرار گرفت. همزمان با کشت، ترانشه‌هایی با عمق و عرض ۸۰ سانتیمتر به موازات خطوط کشت در داخل کرت‌های آزمایشی حفاری شد. اندازه‌گیری عمق و عرض ریشه در هشت نوبت، با فواصل ۱۰ روز در طول دورهٔ رشد برای هر تیمار انجام و عمق توسعهٔ ریشه در سه تکرار و از هر تکرار پنج گیاه اندازه‌گیری شد. در هر نوبت ریشه‌های در محل ترانشه‌ها با بیلچه حفاری و عمق و عرض آنها با خط‌کش اندازه‌گیری شدند. متوسط عمق و عرض‌های ریشه در هر تیمار به‌عنوان معیار برای ارزیابی انتخاب شدند. به‌منظور مقایسهٔ نتایج حاصله از معادلهٔ درجهٔ دو بدست آمده از این مطالعه با مدل‌های مختلف تخمین عمق ریشه از سه مدل استفاده شد که عبارتند از مدل خطی مارتین و همکاران (Martin et al., 1990) که به صورت Rd=Rdmin+(Rdmax-Rdmin)Rf می‌باشد. Rd: عمق ریشه در روز اندازه‌گیری (سانتیمتر)، Rdmin: حداقل عمق ریشه، Rdmax: عمق نهایی ریشه و Rf: ضریب رشد ریشه است. در این مدل حداقل عمق ریشه با توجه به دیر یا زود رس بودن گیاه بین ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر و عمق نهایی ریشهٔ گیاه ذرت بین ۱ تا ۲ متر گزارش شده است. ضریب رشد از رابطهٔ Rf=Dag/Dtm محاسبه می‌شود. Dag: فاصلهٔ زمان سبز شدن تا روز اندازه‌گیری (روز) و Dtm: زمان سبز شدن تا رسیدن به عمق نهایی ریشه است. مدل کراپ‌وات، فقط حداقل عمق ریشه را در مدل فوق ۳۰ سانتیمتر فرض می‌کند. مدل سینوسی بورگ و گریمز (Borg & Grimes., 1986) به صورت Rd=Rdmax[0.5+0.5sin{3.03*(Dag/Dtm)-1.47}] است. برای اندازه‌گیری وزن ریشه در لایه‌های مختلف خاک از روش مونولیت استفاده شد (۳)، در این روش ستونهایی از خاک (مونولیت) به همراه ریشه گیاه برداشت شدند. برای مطالعهٔ دقیق‌تر از مونولیت‌های مکعبی با ضلع ۲۰ سانتیمتر استفاده شد به طوری‌که ابتدا گیاه ذرت کف‌بر و سپس مکعب به طور عمودی از روی ریشه‌ها به داخل خاک کوبیده شد و برای مشخص شدن مرفولوژی ریشهٔ ذرت در تیمارهای مختلف در سن ۸۰ روزگی گیاه از دیوارهٔ ترانشه، لایه به لایه مونولیت‌هایی تهیه و خارج شدند. هر مونولیت به ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ سانتیمتر، در جهت‌های عمق و عرض ریشه سه مونولیت هر کدام با طول و عرض ۲۰ سانتیمتر جمعا ۹ مونولیت خاک و ریشه برای هر گیاه برداشت شد. سپس خاک محتوای ریشه‌ها به آزمایشگاه منتقل و مونولیت‌های خاک به مدت ۲۴ ساعت در تشتهای پلاستیکی خیسانده شدند تا هنگام شستشو، ریشه‌ها با کمک فشار آب در داخل صافی‌های پلاستیکی به راحتی از خاک جدا شوند. پس از شستشو، ریشه‌های خیس وزن و بعد از چند ساعت قرار گرفتن در هوای آزاد به داخل آون منتقل و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد خشک شدند. ریشه‌های خشک شده با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم توزین شدند. حجم ریشه‌ها مستقیما از روی جابه‌جا شدن آب در استوانه‌های مدرج پس از وارد کردن ریشه‌های شسته شده به داخل آن اندازه‌گیری شد. در نهایت داده‌های اندازه‌گیری شده به کمک نرم‌افزار MSTATC و Excel مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

عمق و عرض توسعهٔ ریشه

جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس در طول دورهٔ رشد را نشان می‌دهد. بر اساس آن عمق توسعهٔ ریشه‌ها فقط تحت تاثیر روش‌های آبیاری قطره‌ای در دو مرحله از دوره رشد، ۱۰ و۲۰ روز بعد از کشت قرار گرفت که اختلافات در سطح ۵٪ معنی‌دار بود و تاثیر سایر تیمارها در کلیهٔ مراحل برداشت از دوره رشد بر روی عمق و عرض توسعهٔ ریشه در سطح ۵٪ معنی‌دار نبود (جدول ۳).

مقایسهٔ میانگین‌های عرض و عمق توسعهٔ ریشهٔ گیاه ذرت در جدول ۴ آمده است. نتایج جدول نشان می‌دهد که عمق توسعهٔ ریشه در روش آبیاری قطره‌ای سطحی در طی ۱۰ و ۲۰ روز اول از دورهٔ رشد به طور معنی‌داری (سطح ۵٪) بیشتر از روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی است. دلیل این امر احتمالا به نحوهٔ خیس شدن خاک توسط روش‌های آبیاری برمی‌گردد. زیرا در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی سطح خاک رطوبت کمتری نسبت به روش آبیاری قطره‌ای سطحی دریافت می‌کند که عامل بسیار مهم در توسعه و رشد ریشهٔ گیاه است. ولی بعد از ۲۰ روزگی اثر تیمارها بر میانگین رشد

Archive of SID

www.SID.ir

ریشهٔ ذرت از نظر آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار نیست. مطالعات متعدد نشان داده که مصرف مقادیر مختلف کود بر رشد و توزیع ریشه گیاهان در خاک اثر معنی‌دار ندارد (۲ و ۵).

ارزیابی مدل‌های توسعهٔ ریشه

روند توسعهٔ ریشهٔ گیاه ذرت در شرایط آزمایش در برنامهٔ اکسل رسم و مدل‌های رگرسیونی مختلف داده‌ها، برازش گردید که از بین آنها مدل رگرسیونی پلی‌نومیال بیشترین ضریب همبستگی را با داده‌های مذکور نشان داد (شکل ۱). این منحنی نشان می‌دهد روند توسعهٔ عمقی ریشهٔ گیاه ذرت در منطقهٔ آزمایش به صورت معادلهٔ درجهٔ دو به شکل محدب تغییر می‌کند. بر اساس این نمودار رشد ریشه با شیب تند شروع، اما به تدریج شیب آن بعد از ۵۰ روزگی کاهش می‌یابد. سرعت طویل شدن ریشه‌ها پس از ۵۰ روزگی (مرحله تولید ابریشم) کاهش یافت.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس عرض و عمق توسعهٔ ریشهٔ گیاه ذرت در طول دورهٔ رشد

پارامتر	منابع تغییر	۱۰روزگی	۲۰روزگی	۳۰روزگی	۴۰روزگی	۵۰روزگی	۶۰روزگی	۷۰روزگی	۸۰روزگی
				میانگین		مربعات			
عمق ریشه	تکرار	۰/۹۰^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۵/۰۸^{ns}	۰/۵۸^{ns}	۲/۳۳^{ns}	۲/۷۷^{ns}	۳/۵۸^{ns}	۱/۰۸^{ns}
	روش آبیاری	۱۵/۱۹*	۸/۳۳*	۰/۳۳^{ns}	۱۲/۰۰^{ns}	۳/۰۰^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۳۳^{ns}	۰/۷۵^{ns}
	خطای اول	۰/۸۱	۰/۲۷	۰/۵۸	۲/۰۰	۱/۰۰	۱/۲۷	۱/۰۸	۰/۲۵
	سطح کود	۰/۵۲^{ns}	۰/۳۳^{ns}	۵/۳۳^{ns}	۱۲/۰۰^{ns}	۳/۰۰^{ns}	۰/۵۲^{ns}	۰/۰۰^{ns}	۴/۰۸^{ns}
	روش در سطح	۰/۱۹^{ns}	۰/۷۵^{ns}	۱/۳۳^{ns}	۳/۰۰^{ns}	۵/۳۳^{ns}	۰/۵۲^{ns}	۵/۳۳^{ns}	۰/۰۸^{ns}
	خطای دوم	۰/۱۰	۰/۱۷	۳/۳۳	۳/۰۰	۱/۶۷	۱/۲۷	۲/۱۷	۱/۸۳
	ضریب تغییرات	۲/۰۸٪	۱/۶۰٪	۴/۲۶٪	۳/۲۴٪	۲/۱۴٪	۱/۷۶٪	۲/۰۱٪	۱/۸۵٪
عرض ریشه	تکرار	۰/۴۰^{ns}	۱/۰۰^{ns}	۱/۳۳^{ns}	۱/۳۱^{ns}	۲/۰۲^{ns}	۶/۴۴^{ns}	۱/۳۳^{ns}	۰/۲۵^{ns}
	روش آبیاری	۲/۰۸^{ns}	۴/۰۸^{ns}	۰/۷۵^{ns}	۳/۰۰^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۷۵^{ns}	۱/۳۳^{ns}
	خطای اول	۰/۱۵	۲/۳۳	۱/۰۰	۰/۶۷	۱/۰۲	۱/۲۷	۳/۰۰	۰/۵۸
	سطح کود	۰/۳۳^{ns}	۴/۰۸^{ns}	۰/۷۵^{ns}	۱/۳۳^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۲/۰۸^{ns}	۱/۳۳^{ns}
	روش در سطح	۰/۰۰^{ns}	۶/۷۵^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۳۳^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۱/۶۹^{ns}	۴/۰۸^{ns}	۱/۳۳^{ns}
	خطای دوم	۰/۱۰	۴/۶۷	۰/۶۷	۰/۳۳	۰/۶۰	۰/۴۴	۱/۳۳	۱/۵۸
	ضریب تغییرات	۴/۶۷٪	۷/۰۳٪	۲/۰۰٪	۱/۱۲٪	۱/۳۴٪	۱/۰۸٪	۱/۶۴٪	۱/۷۷٪

***:** معنی‌دار در سطح ۵٪ ^{ns} : غیر معنی‌دار

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های عرض و عمق توسعهٔ ریشهٔ گیاه ذرت

پارامتر	تیمار	۱۰ روزگی	۲۰ روزگی	۳۰ روزگی	٤٠ روزگی	۵۰ روزگی	٦٠ روزگی	۷۰ روزگی	۸۰ روزگی
عمق ریشه (cm)	قطره‌ای سطحی	۱۶/۶۷a	۲۶/۴۲a	۴۲/۶۷a	۵۴/۵۰a	۵۹/۸۳a	۶۴/۰۰a	۷۳/۰۰a	۷۳/۳۳a
	قطره‌ای زیرسطحی	۱۴/۴۲b	۲۴/۷۵b	۴۳/۰۰ a	۵۲/۵۰ a	۶۰/۸۳ a	۶۳/۹۲ a	۷۳/۳۳ a	۷۲/۸۳ a
	۵۰٪ نیاز کودی گیاه	۱۵/۷۵a	۲۵/۷۵a	۴۲/۱۷a	۵۴/۵۰a	۶۰/۸۳a	۶۳/۷۵a	۷۳/۱۷a	۷۳/۶۷a
	۱۰۰٪ نیاز کودی گیاه	۱۵/۳۳a	۲۵/۴۲a	۴۳/۵۰a	۵۲/۵۰a	۵۹/۸۳ a	۶۴/۱۷a	۷۳/۱۷a	۷۲/۵۰a
عرض ریشه (cm)	قطره‌ای سطحی	۷/۳۳a	۳۱/۳۳a	۴۱/۱۷a	۵۱/۸۳a	۵۸/۱۷a	۶۱/۰۸a	۷۰/۳۳a	۷۰/۶۷a
	قطره‌ای زیرسطحی	۶/۵۰ a	۳۰/۱۷a	۴۰/۶۷ a	۵۰/۸۳ a	۵۸/۲۵ a	۶۱/۱۷ a	۷۰/۸۳ a	۷۱/۳۳ a
	۵۰٪ نیاز کودی گیاه	۷/۰۸a	۳۰/۱۷a	۴۱/۱۷a	۵۱/۶۷A	۵۸/۲۵a	۶۱/۰۰a	۷۱/۰۰a	۷۱/۳۳a
	۱۰۰٪ نیاز کودی گیاه	۶/۷۵a	۳۱/۳۳ a	۴۰/۶۷a	۵۱/۰۰A	۵۸/۱۷a	۶۱/۲۵a	۷۰/۱۷a	۷۰/۶۷A

*: در هر ستون برای هر صفت میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه می‌باشند، اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵٪).

Archive of SID

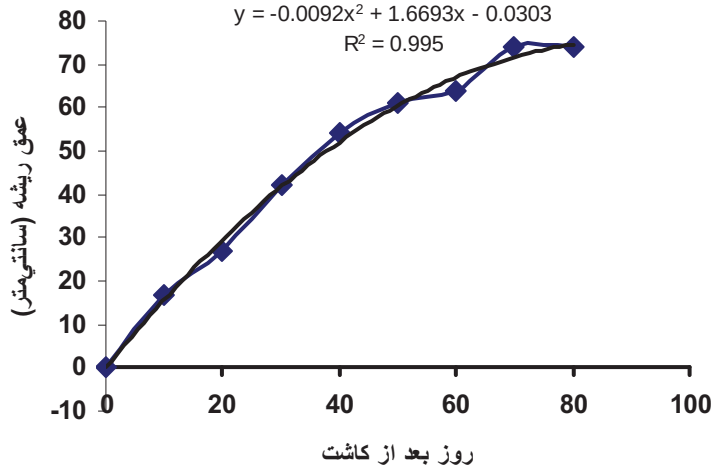
www.SID.ir

به نظر می‌رسد این امر به دلیل نیاز بیشتر قسمت‌های زایشی گیاه به آب و مواد غذایی پس از مرحله تولید ابریشم باشد. این امر سبب انتقال بیشتر آب و مواد غذایی از ریشه قسمت‌های هوایی و اندام‌های زایشی گیاه گردیده است و نتیجه آن کاهش سرعت رشد ریشه‌ها بوده است. این کاهش در سرعت رشد پس از مرحله تولید ابریشم، توسط زیو و همکاران (۲۱) نیز گزارش شده است.

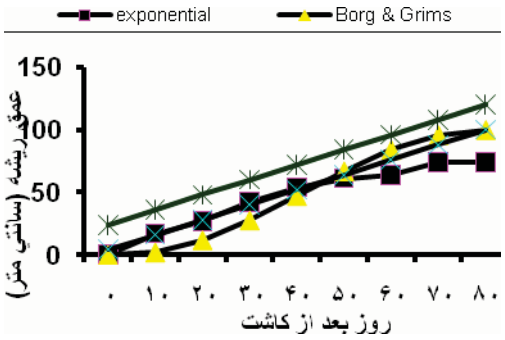
نتایج حاصله از مدل‌های مختلف برآورد عمق ریشه با معادله درجه دو بدست آمده از این مطالعه در شکل ۲ نشان می‌دهد که هر دو مدل خطی و کراپ‌وات عمق ریشهٔ گیاه ذرت را به میزان قابل توجهی بیشتر از مدل بورگ و گریمز و معادلهٔ درجهٔ دو حاصله از این مطالعه تخمین می‌زنند. این در حالی است که مدل بورگ و گریمز هم برآورد دقیقی از عمق ریشه گیاه ذرت ندارد. به گونه‌ایکه در ابتدای دورهٔ رشد عمق ریشه را کمتر و در انتهای دورهٔ رشد بیشتر از مقدار واقعی ریشه تخمین می‌زند (شکل ۲). بیشترین دقت تخمین حرکت عمق ریشه در مدلها به ترتیب مربوط به مدل خطی، بورگ و گریمز و کراپ وات است. این نتیجه با یافته‌های ابراهیمی‌زاده و حسن‌لی (۱) همخوانی دارد. نتایج روند توسعهٔ عرض ریشهٔ گیاه ذرت در این مطالعه، کاملا مشابه نتایج عمق توسعهٔ ریشه است (شکل ۳).

توزیع درصد وزن ریشه در خاک

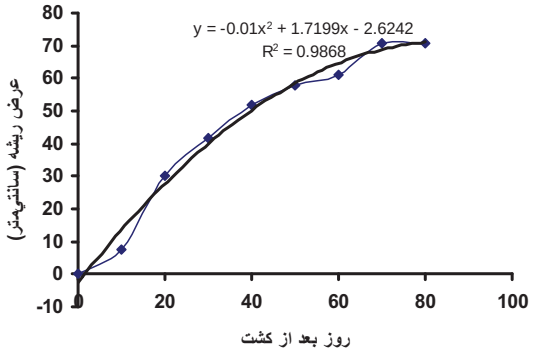
شکل ۴ نشان می‌دهد که بیشترین تجمع وزن خشک ریشه در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در عمق ۴۰-۲۰ سانتیمتری خاک اتفاق افتاده است. اما در روش آبیاری قطره‌ای سطحی تجمع وزن خشک ریشه‌ها در عمق ۲۰-۰ سانتیمتری خاک است. تجمع زیاد ریشه‌ها در لایه سطحی خاک در تحقیقات هرناندز و همکاران (۱۰) و رمو و دیاز (۱۹) نیز گزارش شده است.



شکل ۱- توسعهٔ عمق ریشه در روزهای بعد از کشت



شکل ۲- مقایسهٔ مدل‌های برآورد عمق ریشهٔ گیاه ذرت



شکل ۳- توسعهٔ عرض ریشه در روزهای بعد از کشت

www.SID.ir

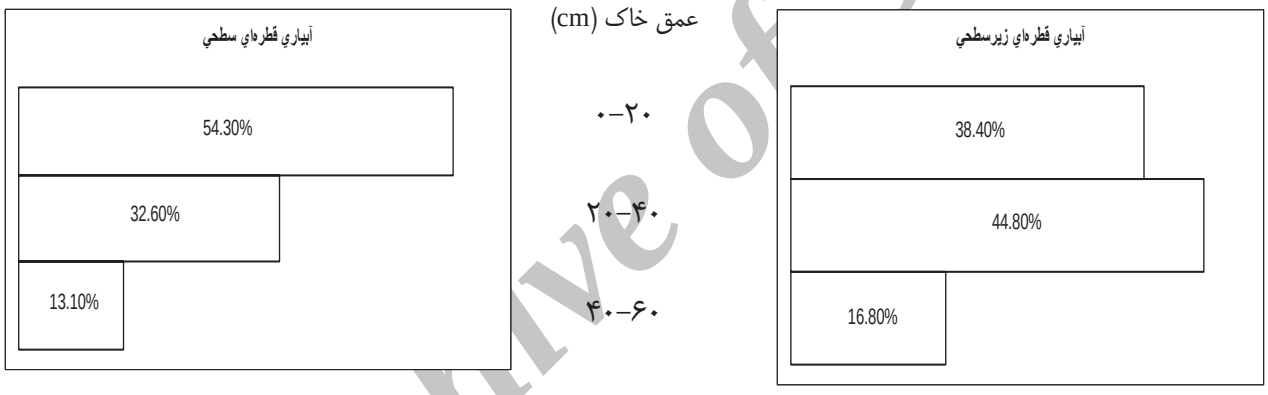
بر اساس شکل ۴ درصد وزن خشک ریشه‌ها در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به طور یک‌نواختری در لایه‌های مورد مطالعه (۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۶۰-۴۰ سانتیمتر) نسبت به آبیاری قطره‌ای سطحی توزیع شده است. کمترین میزان وزنی ریشه در هر دو روش مربوط به لایهٔ سوم (۶۰-۴۰ سانتیمتر) است. این نتیجه با دستاوردهای ابراهیمی‌زاده و حسن‌لی (۱)، هرناندز و همکاران (۱۰) و مادسن (۱۴) مطابقت دارد. توزیع وزنی ریشه نسبت به محل استقرار گیاه (طرفین گیاه) در شکل ۵ آمده است. ریشه‌ها به صورت نسبتاً یکنواختی در ستونهای خاک طرفین گیاه توزیع شده‌اند، اما بیشترین تجمع ریشه در ستون میانی خاک در هر دو روش است. این یافته توسط هاکت (۹) نیز گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

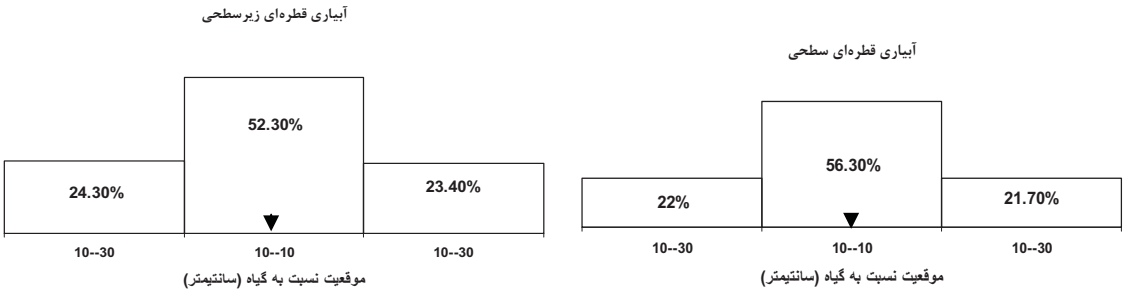
به طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که توسعهٔ عمق ریشه گیاه ذرت تا مرحلهٔ ۲۰ روزگی از دورهٔ رشد به طور معنی‌داری تحت تاثیر روش آبیاری قرار گرفت. اما بعد از مرحلهٔ ۳۰ روزگی عکس‌العمل معنی‌داری به روش آبیاری، کود نیتروژن و اثر متقابل آنها نشان نداد. بیشترین یکنواختی توزیع ریشه در لایه‌های خاک در روش زیرسطحی مشاهده شد. یکنواختی توزیع ریشه در ستونهای جانبی گیاه در هر دو روش تقریبا مشابه هم بودند. مدل برتر برای تخمین عمق توسعهٔ ریشه در بین مدلها، مدل خطی است.

قدردانی

بدینوسیله از زحمات بی شائبهٔ جناب آقای مهندس صمد حسین‌زاده به دلیل همکاری صمیمانهٔ ایشان در طی مراحل اجرای پروژه، تقدیر و تشکر می‌نمایم.



شکل ٤- مقدار درصد وزن ریشه در نیمرخ خاک در دو روش آبیاری قطره‌ای



شکل ٥- میزان درصد وزنی ریشه در ستون‌های جانبی خاک
▼ محل استقرار گیاه ذرت

منابع

۱- ابراهیمی‌زاده م. ع.، و حسن‌لی ع. م. ۱۳۸۷. بررسی توسعهٔ ریشهٔ ذرت و تاثیر آن بر کاهش مصرف آب در روش‌های مختلف آبیاری با پساب در

Archive of SID
www.SID.ir

دشت نیمه‌خشک کربال در استان فارس. مجلهٔ علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۴۴، صفحات ۶۹-۸۲.
۲- شیرانی ح.، حاج‌عباسی م. ع.، افیونی م. و همت ع. ۱۳۸۸. اثر سیستم‌های خاک‌ورزی و کود دامی بر مرفولوژی ریشهٔ ذرت. مجلهٔ آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۳، شماره ۱، صفحات ۱۰۱ تا ۱۰۷.
۳- ضیائیان ع.، و ملکوتی م. ج. ۱۳۸۰. ضرورت اعمال بهینه کود در راستای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت ذرت. نشریه فنی شماره ۲۰۲ ایران، موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران. صفحات ۲۱.
۴- علیزاده الف. ۱۳۸۵. رابطهٔ آب و خاک و گیاه. چاپ ششم. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد. صفحات ۴۷۲.
5- Barber S. A. 1984. Soil Nutrient Bioavailability A mechanistic approach. John Willey and sons, New York, p. 114-134.
6- Barry D. A. J. and Miller M. H. 1986. Corn response to restricted nodal root growth with relevance to zero tillage, An. J. Soil Sci, 55(4): 689-699.
7- Ellis F. B. and Barnes. 1980. Growth and development of root system of winter cereals grown after different tillage methods including direct drilling, Plant Soil, 55: 283-288.
8- Follett R. F., Allmaras R. R. and Reichman G. A. 1978. Distribution of corn roots in study soil with a declining water table, Agron. J, 66: 288-292.
9- Hackett C. 1969. A study of the root system of barley, II. Relationship between root dimension and nutrient uptake. New Phytol. 68: 1023-1029.
10- Hernandez J. J. M., Bar-Yosef B. and Kafkafi U. 1990. Effect of surface and subsurface drip irrigation on sweet corn rooting, uptake, dry mater production and yield, Irrig. Sci, 12: 153-159.
11- Jodari-Karimi F. 1981. Root distribution of alfalfa (*Medicago Sativa L.*) as influenced by varying depths of irrigation. Dissertation, Mississippi State University.
12- Laboski C. A. M., Dowdy R. H., Allmars R. R. and Lamb J. A. 1998. Soil strength and water content influences on corn root distribution in a sandy soil. Plant and Soil, 203:239-247.
13- Lungley D. R. 1973. The growth of root system – a numerical computer simulation model, Plant Soil, 38: 145-151.
14- Madsen H. B. 1985. Distribution of spring barley roots in Danish soil of different texture and under different climatic conditions. Plant Soil, 88: 31-40.
15- Martin D. L., Stegman E. C. and Fereres E. 1990. Irrigation scheduling principle, p. 155-203. In J. Hoffman et al (Ed.) Management of farm irrigation systems. ASAE.
16- Nickel S. E., Kent Crookstoon R. and Russele M. P. 1995. Root growth and distribution are affected by corn soybean cropping sequence. Agron. J, 87: 895-902.
17- Panda R. K., Behera S. K. and Kashyap P. S. 2004. Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions. Agric. Water Manag, 66: 181-203.
18- Pellerin S., and Tardieu F. 1999. Distribution of maize root system. Some results obtained for elaboration of the concept of the three dimensional model. Zesz. Probl. Postepow Nauk Roln. PP. 385-394.
19- Romo R. and Diaz D. H. 1985. Root system and nutritional status of peaches under drip or flood irrigation in warm climate, Acta Hortic, 173: 167-171.
20- Russel R. S. 1977. Plant root systems (the function and interaction with soil). McGraw-Hill. New York. London. p298.
21- Xue Q., Zhu Z., Musick J. T., Stewart B. A. and Dusek D. A. 2003. Root growth and water uptake in winter wheat under deficit irrigation. Plant and soil, 257: 151-161.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.5, Nov.-Dec. 2012, p. 1064-1071

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۱، ص. ۱۰۷۱-۱۰۶۴

Evaluation of Maize Root Morphology under Fertigation Method with Surface and Subsurface Drip Irrigation Systems

S. Esfandyari[1] - H. Dehghanisanij [2] - A. Alizadeh [3]- K. Davary [4]

Received: 06-04-2011
Accepted: 23-09-2012

Abstract

The present study was aimed to determine the effect of drip irrigation methods and nitrogen levels and their interaction on corn root development and study of the root movement model. For this purpose, a split plot field experiment based on randomized complete block with irrigation method in two levels (surface and subsurface drip) as main treatment and Nitrogen fertilization in two levels (50 and 100% of fertilizer requirement) as sub main treatment at 3 replications was conducted at Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran using corn variety 370 double-cross. Monitoring of root depth was performed by digging trenches and observation of soil profile. The samples were collected during the growing season with 10 day intervals (8 times totally) and root weight in different soil layers was measured by harvesting of soil monoliths and washing in plastic filters under water pressure. Results showed that the depth of root development up to 20 days after planting was significantly more in surface irrigation method compare to subsurface drip irrigation method; but it was not significant in 30 to 80 days after planting at 5% level. The depth of root development was not significantly different in different nitrogen levels in fertigation method at 5% level. Interaction of irrigation methods and nitrogen levels also didn't show significant effect on depth of root development at different corn stages growth at 5% level. Root width development was not significantly different in all treatments. The most root distribution observed at 20 to 40 cm and 0 to 20 cm of soil layer in subsurface drip irrigation and subsurface drip irrigation methods, respectively. The lowest root density was observed at 40 to 60 cm soil layer in both studied irrigation methods. Also the roots were more uniformly distributed in soil in subsurface drip irrigation method compare to surface drip irrigation method. The most accurate root depth estimation was achieved by the linear, Borg & Grims and Cropwat models, respectively.

Keywords: Root development model, Surface drip, Subsurface drip, Fertigation, Corn

Archive of SID

1,3,4- PhD Student of Irrigation and Drainage, Professor and Associate Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively
(* - Corresponding Audor E-mail: esfandiari_samad@yahoo.com)
2-Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Institute, karaj

www.SID.ir